VISIT…

LANZAROTE Caliente.COM

Inginerie seismică

Curs 13

- **Metode de calcul structural**
- **Controlul structural**

Notele de curs sunt disponibile la
http://cemsig.ct.upt.ro/astratan/didactic/seism/

Metode de calcul structural pentru proiectare

- **Metoda forțelor laterale**
  - **răspunsul structurii guvernat de modul fundamental de vibrație**
  - **perioada proprie de vibrație fundamentală $T \leq 1.5$ sec**
  - **structura regulată pe verticală**
  - **înălțimea mai mică de 30 m**
- **Metoda de calcul modal cu spectre de răspuns**
  - **consideră proprietățile dinamice ale structurii**
  - **aplicabilă structurilor complexe (neregulate)**
  - **o aproximare bună a răspunsului "real" dacă se consideră un număr suficient de moduri proprii de vibrație**
  - **aproximări datorită combinării răspunsurilor modale**
  - **aproximări datorită combinării efectelor componentelor acțiunii seismice**

Metoda forțelor laterale şi metoda spectrală

- **Limitări:**
  - Acțiunea dinamică
    - Acțiunea seismică - dinamică
    - Rezultatele celor două metode de calcul - înfăşurători
    - Metoda de calcul modal cu spectre de răspuns: pierderea semnului datorită combinării răspunsurilor modale
  - Răspunsul inelastic al structurilor
    - Majoritatea structurilor au o comportare inelastică la acțiunea seismică de calcul
    - Modelul de calcul - comportare elastică
    - Ductilitatea structurii este considerată prin factorul q
- **Avantaje:**
  - Simplitate
  - Calcul elastic - suprapunerea efectelor
  - Eficiență de calcul

Metode alternative de calcul

- **Metoda de calcul dinamic liniar**
- **Metoda de calcul dinamic neliniar**
- **Metoda de calcul static neliniar**

Metode de calcul dinamic (liniar şi neliniar)

- **Acțiunea seismică - definită prin accelerograme**
- **Accelerogramele - reprezentative pentru mişcarea seismică din amplasamentul considerat**
  - **magnitudine**
  - **distanța sursă-receptor**
  - **condiții locale**
- **Accelerograme:**
  - **înregistrate**
  - **artificiale**
- **Acțiunea seismică - un grad ridicat de incertitudine ⇒ răspunsul seismic trebuie determinat pe baza mai multor accelerograme**
  - **trei accelerograme: răspunsul maxim**
  - **şapte accelerograme: răspunsul mediu**

Calcul dinamic liniar

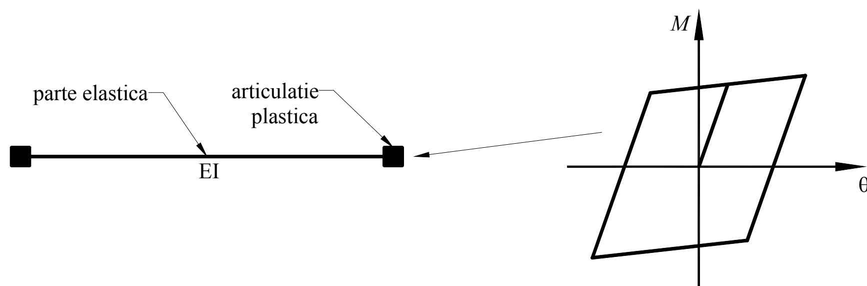
- **Model elastic al structurii**
- **Răspunsul seismic este obținut prin integrarea numerică directă a ecuației de mişcare**

$$[m]\{\ddot{u}\} + [c]\{\dot{u}\} + [k]\{u\} = -[m]\{1\}\ddot{u}_g(t)$$

- **Rezultate: variația în timp a mărimilor de răspuns**
- **Avantaje: reflectă cel mai fidel răspunsul real al structurii (dacă e elastic)**
- **Dezavantaje:**
  - **Calcul elastic**
  - **Volum mare de rezultate**
  - **Putere ridicată de calcul**

Calcul dinamic neliniar

- **Model inelastic al structurii**
- **Răspunsul seismic este obținut prin integrarea numerică directă a ecuației de mişcare**
- **Modelul de calcul al elementului structural trebuie să reflecte comportarea inelastică la cicluri repetate**
- **Avantaje: modelul cel mai "exact" al răspunsului seismic al unei structuri**



Calcul dinamic neliniar

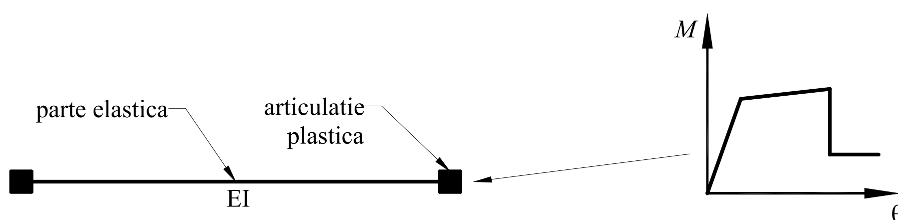
- **Elementele disipative: verificarea deformațiilor inelastice (ductilitatea)**
- **Elementele nedisipative: verificarea rezistenței**

- **Dezavantaje:**
  - **laborios**
  - **programe de calcul sofisticate**
  - **modelarea comportării inelastice a elementelor structurale**
  - **prelucrarea unui volum mare de rezultate**

- **Utilizare:**
  - **evaluarea performanței seismice a unor construcții noi de importanță ridicată**
  - **evaluarea performanței seismice a clădirilor existente**

Calcul static neliniar ("push-over")

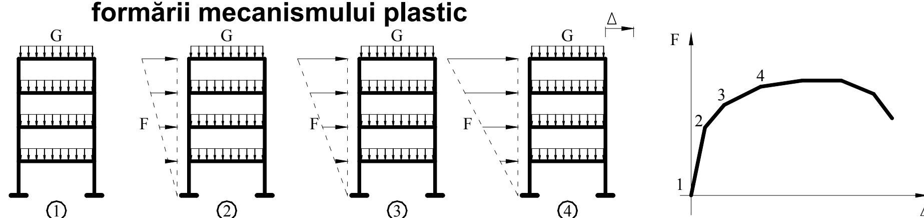
- **Modelul structurii - inelastic (monoton)**
- **Multe structuri răspund preponderent într-un singur mod propriu de vibrație - modul fundamental**



- **Încărcările gravitaționale: constante**
- **Încărcările seismice: variabile**

Calcul static neliniar ("push-over")

- **Principiul calculului static neliniar:**
  - aplicarea încărcărilor gravitaționale
  - aplicarea şi creşterea progresivă a unei distribuții de forțe laterale ("acțiunea seismică")
- **Calculul static neliniar - "capacitatea" structurii**
- **Informații legate de:**
  - mecanismul plastic al structurii
  - redundanța structurii (factorii α_u/α_1)
  - ordinea apariției articulațiilor plastice
  - nivelul eforturilor din elementele nedisipative corespunzătoare formării mecanismului plastic



Controlul structural

- Proiectarea convențională a structurilor la SLU - structurile rezistă acțiune seismică prin asigurarea unei:
  - rezistențe ridicate (comportare slab-disipativă)
  - ductilitate ridicată (comportare disipativă)
- O rigiditate suficientă la SLS

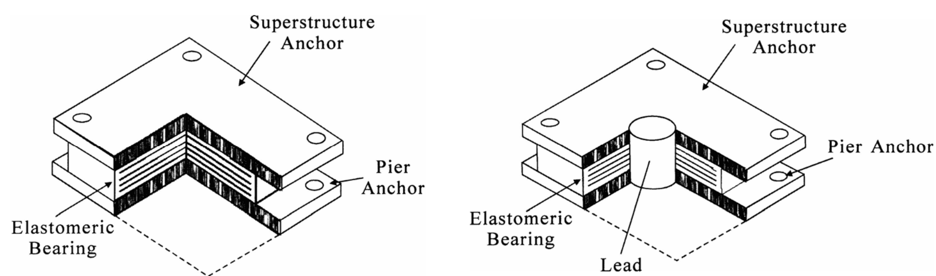
- Dezavantaje:
  - structuri rigide: accelerații mari ale planşeelor ⇒ avarierea echipamentelor
  - structuri flexibile: deplasări relative de nivel mari ⇒ avarierea componentelor nestructurale
- Intolerabil pentru:
  - clădiri al căror conținut este mai scump decât structura însăşi
  - clădiri care trebuie să rămână operaționale după cutremur

Controlul structural

- Controlul structural - modificarea proprietăților dinamice ale structurii pentru a reduce răspunsul dinamic
- Control pasiv - dispozitive care <u>nu</u> necesită surse externe de energie pentru a fi activate
  - izolarea bazei
  - amortizori histeretici
  - amortizori cu lichid vâscos şi visco-elastici
  - disipatori cu masă acordată (TMD)
  - disipatori cu lichid acordat (TLD)
- Control activ - foloseşte dispozitive care necesită o sursă de energie externă pentru a fi efective în reducerea vibrațiilor structurii
  - disipatori cu masă acordată activă (AMD)
  - disipatori cu tendoane active (ATD)
  - sisteme cu contravântuiri active

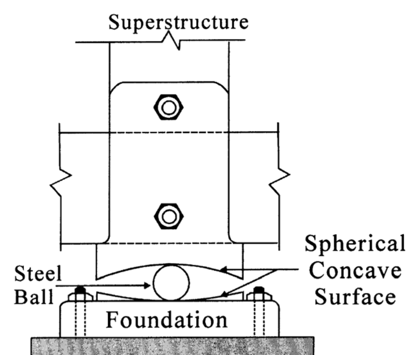
Izolarea bazei

- **Instalarea unor dispozitive între fundaţie şi structură pentru izolarea mişcării terenului de mişcarea structurii**
- **Varianta 1: reazeme cu o rigiditatea laterală mică şi cu rigiditate verticală mare**
  - **Reazeme din elastomeri: reduc forțele seismice aplicate structurii dar induc deformații mari în reazeme**
  - **Reazeme din elastomeri cu miez de plumb: reducerea deplasărilor datorită amortizării suplimentare**



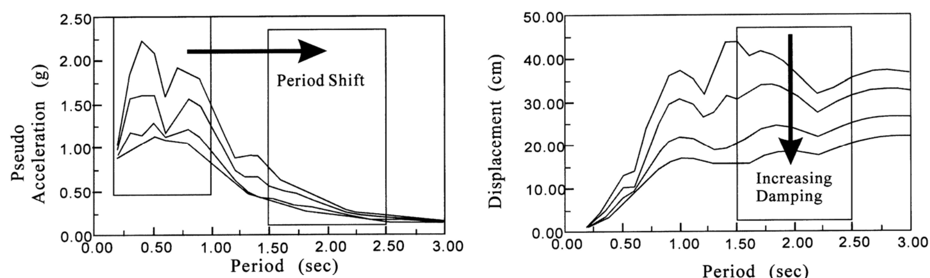
Izolarea bazei

- **Varianta 2: suprafețe de lunecare sau frecare între fundație şi structură**
- **Forța tăietoare transmisă structurii este limitată la forța statică de frecare ⇒ coeficientul de frecare cât mai redus**
- **Vânt puternic şi cutremure minore fără lunecări ⇒ este necesară o forță de frecare minimă**
- **Deplasări reziduale ⇒ suprafețe de alunecare concave pentru revenire**



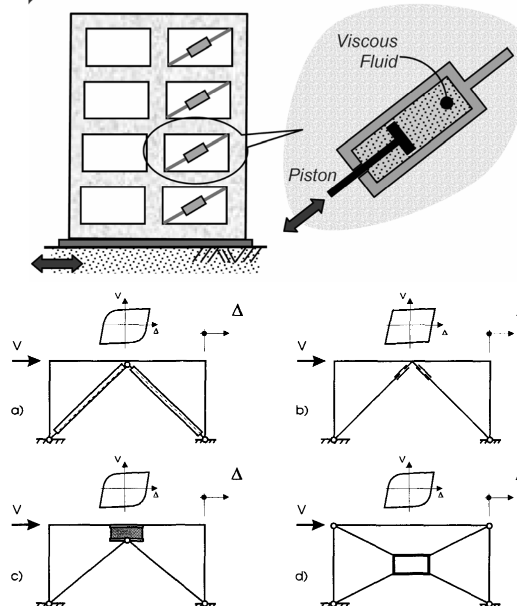
Izolarea bazei - principii

- **Modificarea perioadei proprii de vibrație**
  - **creşterea perioadei proprii de vibrație**
  - **diminuarea pseudo-accelerațiilor (forțelor seismice)**
  - **creşterea deplasărilor la nivel de reazeme**
- **Disiparea energiei seismice**
  - **reducerea deplasărilor**
  - **reducerea pseudo-accelerațiilor**
  - **sensibilitate redusă la variații în spectrul de pseudo-accelerație**



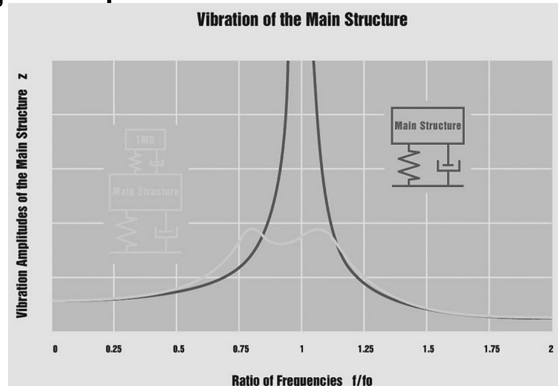
Control pasiv

- **Disipatori histeretici, cu lichid vâscos, viscoelastici şi de frecare: dispozitive inserate în structură pentru asigurarea unei amortizări suplimentare**



Control pasiv

- Disipatori cu masă acordată: un sistem format dintr-o masă, un arc şi un amortizor, de obicei instalat la vârful clădirii
- Eficient pentru reducerea vibraţiilor armonice, prin modificarea perioadei proprii de vibraţie a structurii faţă de perioada de vibraţie a acţiunii armonice



Control activ

- Sistemele de control activ sunt alcătuite din:
  - sensori: măsurarea acţiunii seismice, a răspunsului structurii la aceasta, sau a ambelor
  - dispozitivul de control: procesează informaţia măsurată şi calculează forţele de control necesare
  - actuatori: aplică forţele necesare şi sunt de obicei acţionaţi de surse externe de energie
- Răspunsul dinamic al structurii este parţial eliminat de forţele externe aplicate de actuatori
- Avantaje: sunt efective pentru un domeniu larg de frecvenţe ale acţiunii perturbatoare
- Dezavantaje: cost ridicat şi necesitatea unei surse externe de putere